



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 44 173.1

Anmeldetag: 23. September 2002

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Antennenanordnung für ein Magnetresonanzgerät

IPC: G 01 R, A 61 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. Dezember 2002
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of a large, sweeping 'R' followed by a horizontal line.

Dzierzon

Beschreibung

Antennenanordnung für ein Magnetresonanzgerät

5 Die Erfindung betrifft eine Antennenanordnung für ein Magnetresonanzgerät mit einer ersten Antennengruppe, welche zumindest ein Antennenelement aufweist, und eine von der ersten Antennengruppe getrennte zweite Antennengruppe, welche ebenfalls zumindest ein Antennenelement aufweist. Darüber hinaus
10 betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Verkopplung zweier voneinander getrennter Antennengruppen zum Messen von Magnetresonanzsignalen, wobei die Antennengruppen jeweils zumindest ein Antennenelement aufweisen.

15 Bei einer MR-Untersuchung bestimmter Organe oder Körperteile eines Patienten werden zum Empfang der Kernspinresonanzsignale (MR-Signale) zunehmend sogenannte Oberflächenantennen eingesetzt. Diese Oberflächenantennen werden bei der Untersuchung relativ nah an der Körperoberfläche möglichst direkt an
20 dem zu untersuchenden Organ bzw. Körperteil des Patienten angeordnet. Im Gegensatz zu größeren, entfernter vom Patienten angeordneten Antennen, die in der Regel zur Erzeugung eines gesamten Schnittbilds durch einen Patienten genutzt werden, haben diese Oberflächenantennen folglich den Vorteil, dass
25 sie näher an den interessierenden Bereichen angeordnet sind. Dadurch wird der durch die elektrischen Verluste innerhalb des Körpers des Patienten verursachte Rauschanteil reduziert, was dazu führt, dass das sogenannte Signal-Rausch-Verhältnis (SNR: Signal-to-Noise-Ratio) einer Oberflächenantenne prinzipiell besser ist als das einer entfernteren Antenne. Nachteilig ist jedoch, dass eine einzelne Oberflächenantenne nur in
30 der Lage ist, ein effektives Bild innerhalb einer bestimmten räumlichen Ausdehnung zu erzeugen, welche in der Größenordnung des Durchmessers der Leiterschleife der Oberflächenantenne liegt. Daher sind die Einsatzmöglichkeiten für solche
35 einzelnen Oberflächenantennen wegen des eingeschränkten Beobachtungsbereichs sehr begrenzt. Der Beobachtungsbereich

lässt sich zwar durch Vergrößerung des Durchmessers der Leiterschleife der Oberflächenantenne erweitern. Mit der Vergrößerung der Leiterschleife ist aber gleichzeitig auch wieder eine Vergrößerung der elektrischen Verluste im Körper des Patienten und damit einhergehendes größeres Rauschen verbunden. Bei Verwendung einer einzelnen Oberflächenantenne muss daher immer ein Mittelweg zwischen möglichst guter Auflösung einerseits und möglichst großem Beobachtungsbereich andererseits gewählt werden. Eine Möglichkeit, den Beobachtungsbereich zu vergrößern, ohne dabei im gleichen Maße die Auflösung zu verringern, besteht darin, mehrere benachbart zueinander angeordnete einzelne Oberflächenantennen zu verwenden, d.h. ein ganzes Feld von Antennenelementen (Antennenarray) einzusetzen, die gemeinsam eine große Oberflächenantenne bilden.

Ein Problem solcher Antennenanordnungen mit mehreren benachbarten Antennenelementen besteht jedoch darin, dass ein Hochfrequenzstrom in einem Antennenelement aufgrund der sogenannten induktiven Verkopplung eine Spannung in einem benachbarten Antennenelement induzieren kann. D. h. ein in einem Antennenelement erzeugtes Signal verursacht automatisch auch einen Signalanteil in einem benachbarten Antennenelement. Die induktive Verkopplung verschlechtert folglich das Signal-Rausch-Verhältnis. Zudem ist der Aufwand bei einer Auswertung der Signale von verkoppelten Antennenelementen größer als bei nicht verkoppelten Antennenelementen. Daher sollte eine induktive Verkopplung der Antennenelemente möglichst vermieden werden.

Ein Verfahren zur Entkopplung benachbarter Antennen ist beispielsweise in der US 4,825,162 beschrieben. Hierbei wird die Entkopplung dadurch erreicht, dass sich die Leiterschleifen benachbarter Antennen um ein bestimmtes Maß überlappen, so dass insgesamt die induktive Kopplung zwischen den betreffenden Antennen minimal ist. Wegen des zwingend notwendigen Überlapps zwischen den beteiligten Antennenelementen ist die-

se Entkopplungsmethode nicht in allen Fällen zur Entkopplung von benachbarten Spulen geeignet.

Ein solcher Fall liegt beispielsweise dann vor, wenn die benachbarten Antennen zu unterschiedlichen Antennengruppen, beispielsweise verschiedenen Antennenarrays, gehören, welche sich in separaten Gehäusen befinden. Da sinnvollerweise bei einer MR-Untersuchung die Größe der Antenne an die Größe des zu untersuchenden Objekts bzw. an die Art und den Zweck der Untersuchung angepasst werden sollte, müsste an einem MR-Gerät an sich eine Vielzahl von unterschiedlich großen Oberflächenantennen zur Verfügung stehen, wobei jeweils die passende Größe für eine bestimmte Untersuchung ausgewählt wird. Um die Anzahl der bereitzuhaltenden Antennengrößen in Grenzen zu halten und um eine größere Variabilität und bessere Anpassung für verschiedene Einsätze zu erreichen, werden Antennenarrays daher in der Praxis häufig in Form von Modulen aufgebaut. Jedes Antennenmodul weist ein Gehäuse mit einer aus mehreren Einzelantennen bestehenden Antennengruppe auf, welche ein kleines Antennenarray bilden. Durch Aneinanderfügen der Antennenmodule können Antennenarrays unterschiedlicher Größe gebildet werden. An diesem Punkt stellt sich das Problem, dass die Antennenelemente der aneinandergesetzten Antennengruppen, die sich jeweils an den zueinander gerichteten Enden der Antennengruppen befinden, in unmittelbarer Nachbarschaft zueinander angeordnet sind und daher induktiv ineinander überkoppeln würden.

Aus der Praxis ist es derzeit bekannt, dass die Gehäuse für die Antennengruppen an den Kanten mit Passstücken ausgestaltet sind, sodass sich bei einer Verkopplung der Gehäuse die beiden benachbarten Rand-Antennenelemente ebenfalls überlappen. Dies ist in Figur 1 dargestellt. Hier befindet sich in einem ersten Gehäuse G_1 eine erste Antennengruppe mit mehreren in einer ersten Antennenebene E_1 angeordneten einzelnen Antennenelementen A . In einem weiteren Gehäuse G_2 befindet sich eine zweite Antennengruppe, welche mehrere in einer

zweiten Antennenebenen E_2 angeordnete einzelne Antennenelemente A umfasst. Die Enden der beiden Gehäuse G_1 , G_2 sind so ausgeformt, dass sich bei einem passgenauen Koppeln der Gehäuse G_1 , G_2 die Rand-Antennenelemente der beiden Antennengruppen
5 zwangsläufig in geeigneter Weise überlappen, um eine Entkoppelung zwischen den benachbarten Rand-Antennenelementen zu erreichen. Wie diese Figur auch zeigt, sind die einzelnen Antennenelemente A der beiden Antennengruppen jeweils in unterschiedlichen Antennenebenen E_1 , E_2 angeordnet. Dies bedeutet,
10 dass eine der Antennengruppen einen größeren Abstand zu dem Patienten hat als die andere Antennengruppe, so dass das Signal-Rausch-Verhältnis dieser Antennengruppe grundsätzlich schlechter ist. Zudem müssen die Gehäuse G_1 , G_2 jeweils relativ dick ausgebildet sein, damit auch von der am nächsten am
15 Patienten angeordneten Antennengruppe ein bestimmter vorgeschriebener Sicherheitsabstand eingehalten wird.

Ein simples Übereinanderlegen von Antennengruppen, die in einfachen Gehäusen ohne die Passstück-Enden eingebaut sind,
20 würde zu einer Aufdickung der Antennenanordnung in dem Überlappbereich führen. Eine solche Anordnung ist daher allenfalls bei Untersuchungen möglich, bei denen die Antennen auf den Patienten aufgelegt werden, nicht aber bei Anordnungen, bei denen der Patient auf den Antennen gelagert wird.

Figur 2 zeigt eine ebenfalls zu Zeit in der Praxis verwendete Alternative zur Verkopplung zweier Antennengruppen. Hier erfolgt die Trennung zwischen den verschiedenen Gehäusen G_1 , G_2 in der Weise, dass es eine gemeinsame Grenzantenne gibt, deren Leiterbahnen jeweils an den Kanten der Gehäuse G_1 , G_2 in einem Steckkontakt S enden. Beim Zusammenkoppeln werden die beiden Hälften der Grenzantenne über die Steckkontakte S elektrisch miteinander verbunden, so dass insgesamt ein durchgehendes Antennenarray entsteht. Ein Problem bei der
35 Verwendung solcher Steckverbindungen besteht darin, dass die elektrischen Kontakte verschmutzen und verschleifen können. Insbesondere kann es auch zu Problemen kommen, wenn Flüssig-

keit an die Steckkontakte S gelangt, was im medizinischen Bereich nicht ganz ausgeschlossen werden kann.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Alternative zu diesem bekannten Stand der Technik zu schaffen, welche eine sichere und einfache Kopplung zweier benachbarter Antennengruppen erlaubt und dabei die vorgenannten Nachteile vermeidet.

10 Diese Aufgabe wird durch eine Antennenanordnung gemäß Patentanspruch 1 sowie durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 19 gelöst.

Erfindungsgemäß weisen die Antennengruppen jeweils zusammenwirkende Koppelantennenteile auf, welche so ausgebildet und/oder angeordnet sind, dass die Koppelantennenteile bei einer bestimmten benachbarten Anordnung der Antennengruppen zueinander induktiv so miteinander koppeln, dass sie ein gemeinsames Grenz-Antennenelement der beiden Antennengruppen bilden, welches von den weiteren Antennenelementen innerhalb der betreffenden Antennengruppe induktiv entkoppelt ist. Daher müssen die beiden Antennengruppen bzw. die Gehäuse, in denen sich die Antennengruppen befinden, nur in der vorgegebenen Anordnung zueinander positioniert werden, wobei automatisch über die integrierten Koppelantennenteile die Kopplung der beiden Antennengruppen erfolgt. Da die Koppelantennenteile eine gemeinsame Antenne bilden sollen, ist klar, dass hierzu mindestens eines der beiden Koppelantennenteile einen geeigneten Signalabgriff aufweisen muss, um die von dem Grenz-Antennenelement empfangenen MR-Signale abzugreifen.

Dabei sind die Antennengruppen vorzugsweise so konstruiert, dass sich in der verkoppelten Anordnung die beiden Antennengruppen im Wesentlichen in einer Antennenebene befinden. Dadurch bestehen für alle Antennengruppen gleiche Messverhältnisse und eine aufwändige Anpassung bei der Datenbearbeitung ist nicht erforderlich. Da die beiden Koppelantennenteile nur

induktiv miteinander koppeln, sind auch keine Steckverbindungen notwendig, welche verschleifen oder verschmutzen könnten.

5 Vorzugsweise entspricht das von den Koppelantennenteilen gebildete Grenz-Antennenelement im Wesentlichen den übrigen Antennenelementen der Antennengruppe. In diesem Fall können der Signalempfang und die weitere Verarbeitung der über dieses Grenz-Antennenelement empfangenen Daten auf die gleiche Weise wie bei den übrigen Antennenelementen der Antennengruppen erfolgen.
10

Die abhängigen Ansprüche weisen jeweils besonders vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung auf.

15 Vorzugsweise ist innerhalb zumindest eines der Koppelantennenteile ein kapazitives Bauteil und/oder ein induktives Bauteil geschaltet. Mit Hilfe dieses Bauteils wird das betreffende Koppelantennenteil derart modifiziert, dass bei einer von den jeweils benachbarten Antennenelementen isolierten Betrachtung des Grenz-Antennenelements - d. h. ohne eine Anwesenheit der Nachbarantennenelemente - der Strom auf dem betreffenden Koppelantennenteil aufgrund der induktiven Verkopplung der beiden Koppelantennenteile in etwa den gleichen Wert annimmt wie der Strom auf dem anderen Koppelantennenteil. Auf beiden Koppelantennenteilen würde folglich im verkoppelten Zustand und ohne Einfluss durch äußere Antennenelemente der gleiche Strom fließen.
20
25

Dies ist dann der Fall, wenn die Kapazität bzw. Induktivität in etwa dem reziproken Wert des Produkts aus dem Quadrat der Kreisfrequenz des zu empfangenden MR-Signals und der Differenz der Induktivität des betreffenden Koppelantennenteils und der Koppelinduktivität zwischen den beiden Koppelantennenteilen entspricht. D. h. der optimale Wert des kapazitiven bzw. induktiven Bauteils ist bei bekannter MR-Frequenz, bei
30
35
sowie bekannter Koppelinduktivität zwischen den beiden Koppelantennenteilen

pelantennenteilen exakt bestimmbar. Leider sind jedoch sowohl die Induktivität des Koppelantennenteils selbst als auch die Koppelinduktivität zwischen den beiden Koppelantennenteilen in der Regel nicht genau anhand der geometrischen Daten der Koppelantennenteile bestimmbar. Daher wird der passende Wert des kapazitiven bzw. induktiven Bauteils so ermittelt, dass innerhalb der Konstruktionsphase die beiden Koppelantennenteile in der richtigen Koppelposition zueinander und isoliert von anderen Antennenelementen betrachtet werden und dabei ein einstellbares kapazitives oder induktives Bauteil solange justiert wird, bis der gewünschte Wert gefunden ist.

Des Weiteren sind die Koppelantennenelemente vorzugsweise derart ausgebildet und/oder angeordnet, dass die Koppelinduktivitäten beider Koppelantennenelemente mit einem Antennenelement, welches direkt benachbart zu einem der Koppelantennenelemente angeordnet ist, betragsmäßig in etwa gleich groß - im optimalen Fall bis auf das Vorzeichen identisch - sind. D. h. es wird dafür gesorgt, dass beide Koppelantennenteile im gleichen Maße mit einem Antennenelement induktiv koppeln, das zu einem der Koppelantennenteile benachbart angeordnet ist. Diese Bedingung sollte in beiden Richtungen gelten, d. h. es sollte jeweils die gleiche Verkopplung beider Koppelantennenteile mit einem Antennenelement bestehen, das zu einem ersten der Koppelantennenteile benachbart ist, und es sollte eine gleiche Verkopplung beider Koppelantennenteile mit einem anderen Antennenelement vorliegen, welches zu dem anderen Koppelantennenteil benachbart ist.

Sofern diese Bedingung der gleich starken Kopplung der Koppelantennenelemente mit den jeweiligen benachbarten Antennenelementen erfüllt ist und außerdem das passende kapazitive oder induktive Bauteil in eines der Koppelantennenteile geschaltet ist, liegen optimale Bedingungen dafür vor, dass die verkoppelten Koppelantennenteile wie ein gemeinsames Antennenelement wirken und gleichzeitig die induktive Überkopplung

zu den Nachbarantennenelementen in beiden Antennengruppen minimal ist.

- 5 Wegen des geringeren Aufwands wird im Normalfall innerhalb einer Serienproduktion der Antennenanordnung ein kapazitives bzw. induktives Bauteil mit einem festen Wert eingesetzt, nachdem zunächst in der Konstruktionsphase wie vorbeschrieben der optimale Wert durch eine Justage eines verstellbaren Bauteils ermittelt wurde. Bei einer entsprechenden Fertigungsqualität mit einer hohen Reproduzierbarkeit ist dies ohne weiteres möglich. Alternativ kann aber bei der Produktion der Antennenanordnung auch ein verstellbares Bauteil eingesetzt werden, beispielsweise ein ansteuerbarer Trimmkondensator.
- 10 Auf diese Weise ist es jederzeit z. B. mittels einer Steuer- einrichtung des MR-Geräts möglich, bei einer Veränderung anderer die Kopplung beeinflussender Parameter das Bauteil nachzujustieren, um die optimalen Koppelbedingungen einzustellen.

- 20 Die beiden Koppelantennenteile können im Prinzip symmetrisch, d. h. gleichartig aufgebaut sein. Es kann aber auch die eine Antennengruppe ein Koppelantennenteil eines ersten Typs und die andere Antennengruppe ein Koppelantennenteil eines zweiten Typs aufweisen. Die beiden Typen von Koppelantennenteilen sind dann derart aufgebaut, dass genau ein Koppelantennenteil des ersten Typs mit einem Koppelantennenteil des zweiten Typs ein Grenz-Antennenelement bilden kann. Beispielsweise könnte der Koppelantennenteil des ersten Typs einen geeigneten Signalabgriff aufweisen, um die von dem gemeinsam gebildeten Grenz-Antennenelement empfangenen MR-Signale abzugreifen. Das Koppelantennenteil des zweiten Typs könnte in diesem Fall beispielsweise das kapazitive bzw. induktive Bauteil aufweisen, um den Strom auf dem betreffenden Koppelantennenteil gemäß der oben genannten Bedingung an den Strom des anderen Koppelantennenteils anzupassen.
- 35

Zumindest das Koppelantennenteil, welches keinen Abgriff für das empfangene MR-Signal aufweist, kann im Übrigen völlig galvanisch kontaktfrei sein. Darunter ist zu verstehen, dass das betreffende Koppelantennenteil erdfrei ist und keinerlei galvanischen Kontakt zu anderen Komponenten hat, sondern nur induktiv mit dem anderen Koppelantennenteil sowie mit den benachbarten Antennenelementen der Antennengruppen gekoppelt ist.

- 5
10 Vorzugsweise sind die einzelnen Koppelantennenteile so aufgebaut, dass ihre Eigenresonanzfrequenz gegenüber der Frequenz des zu empfangenen MR-Signals verstimmt ist. Dies hat den Vorteil, dass die jeweiligen Koppelantennenteile in den Fällen, in denen sie nicht benötigt werden, d. h. wenn keine weitere Antennengruppe angekoppelt wird, für das Sendefeld transparent sind und nicht verstimmt werden müssen.

- Da aber die miteinander verkoppelten Koppelantennenteile ein vollwertiges Antennenelement bilden sollen, weist zumindest
20 eines der Koppelantennenteile, beispielsweise das Koppelantennenteil des ersten Typs oder das Koppelantennenteil des zweiten Typs, eine Abstimmeinrichtung auf. Mittels dieser Abstimmeinrichtung kann dann im verkoppelten Zustand der beiden Koppelantennenteile die Eigenresonanzfrequenz des Grenz-
25 Antennenelements im Empfangsfall auf die Frequenz des zu empfangenen MR-Signals abgestimmt werden und im Sendefall gegenüber der Frequenz des MR-Signals verstimmt werden. Alternativ können auch beide Koppelantennenteile eine Abstimmeinrichtung umfassen, wobei diese Abstimmeinrichtungen im Kopplungsfall
30 koordiniert betrieben werden müssen, um das gemeinsam gebildete Grenz-Antennenelement entsprechend in Resonanz zu bringen bzw. zu verstimmen.

- Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel weist zumindest
35 eines der beiden Koppelantennenteile Mittel auf, um das Koppelantennenteil in einen Betriebszustand zu bringen, in dem die Eigenresonanzfrequenz des Koppelantennenteils auch ohne

ein angekoppeltes weiteres Koppelantennenteil auf die Frequenz eines zu empfangenen MR-Signals abstimmbar ist. D. h. das Koppelantennenteil ist hier zwischen einem Betriebszustand, in dem es lediglich als Teil des Grenz-Antennenelements arbeitet, und einem zweiten Betriebszustand, in dem es selbst ein vollständiges Antennenelement bildet, hin- und herschaltbar.

Bei einer bevorzugten Konstruktion der Koppelantennenteile weisen diese jeweils einen ersten Antennenabschnitt auf, welcher im Wesentlichen in einer von den Antennenelementen gebildeten Antennenebene verläuft. Dieser Antennenabschnitt bildet die eigentliche Empfangsfläche für das MR-Signal. Darüber hinaus weisen die Koppelantennenteile jeweils einen zweiten Antennenabschnitt auf, welcher - vorzugsweise rechtwinklig - aus der Antennenebene herausragt. In einer verkoppelten Anordnung der Koppelantennenteile, in der diese das gemeinsame Grenz-Antennenelement bilden, sind die zweiten Antennenabschnitte in einem bestimmten Abstand, vorzugsweise im Wesentlichen parallel, zueinander positioniert. Diese zweiten Antennenabschnitte stellen somit den eigentlichen Koppelabschnitt dar, welcher für eine starke Verkopplung der beiden Koppelantennenteile untereinander sorgt.

Der erste Antennenabschnitt eines Koppelantennenteils ist vorzugsweise zur induktiven Entkopplung von den benachbarten Antennenelementen in einem bestimmten Bereich mit den jeweiligen benachbarten Antennenelementen der zugehörigen Antennengruppe überlappend angeordnet.

Einer Mehrzahl von solchen Antennengruppen, welche jeweils zum Aufbau einer erfindungsgemäßen Antennenanordnung zusammenwirken und jeweils zumindest ein Koppelantennenteil umfassen, das mit einem entsprechenden Koppelantennenteil einer anderen Antennengruppe unter Bildung eines gemeinsamen Grenz-Antennenelements verkoppelbar ist, bildet ein Magnetresonanzantennensystem, welches in einem weiten Anwendungsbereich

universell einsetzbar ist. Die Antennengruppen können dabei modularartig durch einfaches Aneinanderlegen und gegebenenfalls Fixieren zu beliebigen Antennenflächen aufgebaut werden können.

5

Vorzugsweise weisen dabei die einzelnen Antennengruppen mindestens zwei Koppelantennenteile auf, um die Antennengruppe mit zumindest zwei weiteren Antennengruppen zu verkoppeln. Sofern die Verkopplung über Koppelantennenteile zweier verschiedener zusammenwirkender Typen erfolgt, weist eine Antennengruppe bevorzugt sowohl ein Koppelantennenteil des ersten Typs als auch ein Koppelantennenteil des zweiten Typs auf. Wenn die Koppelantennenteile an verschiedenen, beispielsweise gegenüberliegenden Kanten der betreffenden Antennengruppe angeordnet sind, können die einzelnen Antennengruppen kettenartig verkoppelt werden, um beliebig große Gesamtantennenanordnungen zu bilden.

10

15

20

Ein solches Magnetresonanzantennensystem ist prinzipiell in jedem beliebigen Resonanzgerät einsetzbar, welches auch bisher schon mit Oberflächenantennenmodulen nach dem eingangs genannten Stand der Technik arbeitet.

25

Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Figuren anhand eines Ausführungsbeispiels noch einmal näher erläutert. Es zeigen:

30

FIG 1 eine schematische Darstellung der Verkopplung zweier Antennengruppen nach dem Stand der Technik durch Überlapp der Rand-Antennenelemente,

35

FIG 2 eine schematische Anordnung der Verkopplung zweier Antennengruppen nach dem Stand der Technik mit Hilfe elektrischer Steckkontakte,

FIG 3 eine schematische Darstellung der Verkopplung zweier Antennengruppen mit Hilfe der erfindungsgemäßen Koppelantennenteile,

5 FIG 4 ein vereinfachtes Ersatzschaltbild der von benachbarten Antennenelementen isolierten Koppelantennenteile gemäß Figur 3,

10 FIG 5 ein vereinfachtes Ersatzschaltbild der Koppelantennenteile gemäß Figur 4 unter Berücksichtigung eines benachbarten Antennenelements.

Die Figuren 1 und 2 zeigen jeweils verschiedene praktizierte Methoden, um zwei separate Antennengruppen, die sich in unterschiedlichen Gehäusen G_1 , G_2 befinden, miteinander zu koppeln. Die genauen Verkopplungsmethoden sowie deren Nachteile wurden bereits eingangs detaillierter beschrieben.

20 Wie in Figur 3 dargestellt, werden bei der erfindungsgemäßen Antennenanordnung zur Kopplung der Antennengruppen Koppelantennenteile 2a, 2b verwendet, welche jeweils einer der beiden Antennengruppen 11, 12 zugeordnet sind. Die Antennengruppen 11, 12 bestehen hier jeweils aus einem Feld von einzelnen Antennenelementen 1, 3, 4.

25 In Figur 3 sind der besseren Übersichtlichkeit wegen innerhalb der linken Antennengruppe 11 nur ein Antennenelement 1 und ein Koppelantennenteil 2a sowie in der rechten Antennengruppe 12 zwei Antennenelemente 3, 4 und ein Koppelantennenteil 2b dargestellt. Üblicherweise weist eine Antennengruppe darüber hinaus noch weitere Antennenelemente auf, welche sich wiederum in der dargestellten linken Antennengruppe 11 an das ganz linke Antennenelement 1 und in der rechten Antennengruppe 12 an das ganz rechte Antennenelement 4 anschließen können. Prinzipiell kann aber eine Antennengruppe auch nur ein Antennenelement und ein Koppelantennenteil zur Verkopplung mit anderen Antennengruppen aufweisen.

Die einzelnen Antennenelemente 1, 3, 4 weisen hier jeweils eine Verstimmungsschaltung 5 auf, um die Eigenresonanzfrequenz des betreffenden Antennenelements 1, 3, 4 im Empfangsfall auf die Frequenz des zu empfangenen MR-Signals abzustimmen und im Sendefall bezüglich dieser MR-Frequenz zu verstimmen. Dadurch wird dafür gesorgt, dass die Antennenelemente 1, 3, 4 nur im Empfangsfall Signalleistung aufnehmen und im Sendefall für das Sendefeld transparent sind.

Die Antennengruppen 11, 12 sind innerhalb ihrer Gehäuse 13, 14 jeweils auf gleicher Höhe angeordnet, so dass sie sich bei einem Aneinanderlegen der Gehäuse 13, 14 im Wesentlichen in einer Antennenebene E befinden. Der Begriff „Antennenebene“ ist so zu verstehen, dass davon auch Bauformen umfasst sind, bei denen die Leiterschleifen der Antennenelemente 1, 3, 4 in zwei aneinander grenzenden oder in kurzem Abstand zueinander liegenden, parallelen Ebenen benachbart bzw. überlappend zueinander angeordnet sind. Ein typisches Beispiel ist der Aufbau der Antennenelemente mittels Leiterbahnen auf einer Multilayer-Platine oder -Leiterbahnfolie. Die Antennenebene kann hierbei auch in beliebiger Form an ein Antennengehäuse und/oder sonstige Umgebungsbedingungen, z. B. den Körper des Patienten, angepasst sein, d. h. beispielsweise auch um einen Zylinder gewickelt oder sonstwie gekrümmt sein.

25

Die Koppelantennenteile 2a, 2b der Antennengruppen 11, 12 befinden sich jeweils an den zueinander weisenden Kanten 15, 16 der Gehäuse 13, 14. Hierbei befindet sich in der links dargestellten Antennengruppe 11 ein Koppelantennenteil 2a eines ersten Typs (im Folgenden erstes Koppelantennenteil 2a genannt) und in der rechts dargestellten Antennengruppe 12 ein Koppelantennenteil 2b eines zweiten Typs (im Folgenden zweites Koppelantennenteil 2b genannt).

Beide Koppelantennenteile 2a, 2b weisen jeweils einen ersten Antennenabschnitt 7, 9 auf, welcher im Wesentlichen in der Antennenebene E verläuft. Daran angeschlossen ist ein senk-

recht zur Antennenebene E verlaufender zweiter Antennenabschnitt 8, 10, welcher in Figur 3 nach unten aus der Antennenebene E herausragt.

5 Die zweiten Antennenabschnitte 8, 10 liegen in dem dargestellten zusammengekoppelten Zustand der beiden Antennengruppen 11, 12 parallel voreinander. Die ersten Antennenabschnitte 7, 9 in der Antennenebene E überlappen jeweils mit den zugehörigen benachbarten Antennenelementen 1, 3.

10

Wie später noch im einzelnen gezeigt wird, bilden die beiden Koppelantennenteile 2a, 2b bei einer geeigneten Ausbildung und Anordnung der beiden Koppelantennenteile 2a, 2b sowie bei der richtigen Wahl einer innerhalb des zweiten Koppelantennenteils 2b geschalteten Kapazität C_2 ein gemeinsames Grenz-Antennenelement 2, welches genau wie die anderen Antennenelemente 1, 3, 4 MR-Signale empfängt und in gleicher Weise durch den Überlapp in den ersten Antennenabschnitten 7, 9 von den benachbarten Antennenelementen 1, 3 entkoppelt ist.

20

Das zweite Koppelantennenteil 2b hat dabei keinen galvanischen Kontakt zu irgend einem Messgerät, einem Erdpotential oder dergl. Es ist lediglich induktiv mit den benachbarten Antennenelementen 3 der eigenen Antennengruppe 12 sowie in der verkoppelten Anordnung gemäß Figur 3 mit dem ersten Koppelantennenteil 2a in der linken Antennengruppe 11 sowie dem dortigen benachbarten Antennenelement 1 induktiv gekoppelt.

25

Das erste Koppelantennenteil 2a weist dagegen einen Abgriff 6
30 auf, um ein MR-Signal, das von dem von den beiden Koppelantennenteilen 2a, 2b gebildeten Grenz-Antennenelement 2 empfangen wurde, abzugreifen. Außerdem weist dieses erste Koppelantennenteil 2a genau wie die übrigen Antennenelemente 1, 3, 4 eine Verstimmungsschaltung 5 auf, um das Grenz-Antennenelement 2 als Ganzes im Empfangsfall auf die Frequenz des zu
35 empfangenden MR-Signals abzustimmen und im Sendefall gegenüber der Frequenz des MR-Signals zu verstimmen. Sowohl das

Koppelantennenteil 2a des ersten Typs als auch das Koppelantennenteil 2b des zweiten Typs weisen im Übrigen eine Eigenresonanzfrequenz auf, die gegenüber der MR-Frequenz verstimmt ist.

5

Damit die beiden Koppelantennenteile 2a, 2b in der in Figur 3 dargestellten Anordnung wie ein gemeinsames Grenz-Antennenelement 2 wirken, ist zunächst erforderlich, dass der Strom in beiden Koppelantennenteilen 2a, 2b in etwa gleich ist. D.

10

h. der Strom I_{2b} auf dem zweiten Koppelantennenteil 2b muss gegebenenfalls bis auf einen geringen, vernachlässigbaren Koppelstrom dem Strom I_{2a} auf dem ersten Koppelantennenteil 2a entsprechen. Diese Bedingung kann durch geeignete Wahl der Kapazität C_2 erfüllt werden.

15

Hierzu wird zunächst auf das in Figur 4 dargestellte Ersatzschaltbild verwiesen, in dem die beiden Koppelantennenteile 2a, 2b isoliert, d. h. ohne Einfluss der benachbarten Antennenelemente 1, 3 betrachtet werden. Neben den Hochfrequenzströmen I_{2a} und I_{2b} auf den beiden Koppelantennenteilen 2a, 2b und den Stromrichtungen SR_{2a} , SR_{2b} ist auch eine Torspannung U_2 am ersten Koppelantennenteil 2a dargestellt, welche die beim Empfang eines MR-Signals am Abgriff 6 anliegende Spannung repräsentiert. Außerdem ist die induktive Verkopplung zwischen den beiden Koppelantennenteilen 2a, 2b durch die sogenannte Gegeninduktivität M_{22} schematisch dargestellt. Aufgrund der bestehenden Gegeninduktivität M_{22} induziert der in dem ersten Koppelantennenteil 2a vorliegende Strom I_{2a} einen Strom I_{2b} im zweiten Koppelantennenteil 2b. Die Höhe und die Richtung des Stroms I_{2b} wird dabei wesentlich durch die im Koppelantennenteil 2b geschaltete Kapazität C_2 bestimmt.

25

30

35

Um den Wert dieser Kapazität C_2 zu bestimmen, bei dem die Bedingung erfüllt wird, dass die Ströme I_{2ba} , I_{2b} auf den beiden Koppelantennenteilen 2a, 2b in etwa gleich groß sind, bieten sich als Ausgangspunkt die Maschengleichungen für das Ersatzschaltbild gemäß Figur 4 an:

Masche 2a:

$$I_{2a} \cdot j\omega L_{2a} - I_{2b} \cdot j\omega M_{22} = U_2 \quad (1a)$$

Masche 2b:

$$-I_{2a} \cdot j\omega M_{22} + I_{2b} \cdot \left(j\omega L_{2b} + \frac{1}{j\omega C_2} \right) = 0 \quad (1b)$$

10

Hierbei sind L_{2a} bzw. L_{2b} die Induktivitäten der beiden Koppelantennenteile 2a, 2b, ω ist die Kreisfrequenz des hochfrequenten Stroms, d. h. die Frequenz des zu empfangenden MR-Signals, und j die Imaginärzahl.

15

Um die gesuchte Kapazität C_2 zu ermitteln, kann ansatzweise die ideale Bedingung aufgestellt werden, dass die Ströme I_{2a} , I_{2b} in den beiden Koppelantennenteilen 2a, 2b exakt gleich sind. D. h. es kann die Bedingung $I_{2a} = I_{2b} = I_2$ eingesetzt

20 werden. Daraus ergibt sich aus der Gleichung (1a):

$$-I_2 \cdot j\omega M_{22} + I_2 \cdot \left(j\omega L_{2b} + \frac{1}{j\omega C_2} \right) = 0 \quad (2)$$

Durch Auflösen dieser Gleichung nach C_2 erhält man:

25

$$C_2 = \frac{1}{\omega^2 (L_{2b} - M_{22})} \quad (3)$$

30

Gleichung (3) gibt folglich die Bedingung für die Kapazität C_2 an, damit die Ströme I_{2a} , I_{2b} im isolierten Idealfall gleich sind.

Hierbei ist zu beachten, dass durch das Minuszeichen im Nenner der Gleichung (3) der erforderliche Wert der Kapazität C_2 auch negativ sein kann. Es müsste dann ein induktives Bauele-

ment verwendet werden bzw. der Kondensator müsste durch eine passende Spule ersetzt werden. Da Induktivitäten jedoch niedrigere Güten als vergleichbare Kapazitäten haben, wird bevorzugt eine Kapazität verwendet. Daher wird vorzugsweise darauf
5 geachtet, dass die Induktivität L_{2b} des zweiten Koppelantennenteils 2b immer größer ist als die Gegeninduktivität M_{22} zwischen den beiden Koppelantennenteilen 2a, 2b. Dies ist durch entsprechende Anordnung und Ausgestaltung der Koppelantennenteile 2a, 2b in der Regel ohne weiteres möglich.

10

Bei bekannten Werten für die Induktivität des zweiten Koppelantennenteils 2b sowie die Koppelinduktivität M_{22} wäre es
möglich, die Kapazität C_2 genau zu berechnen. In der Realität sind sowohl die Induktivität als auch die Koppelinduktivität
15 nur schwer ermittelbar. Daher wird in der Konstruktionsphase mit Hilfe eines verstellbaren Kondensators gearbeitet, der in einen isolierten Aufbau der beiden Koppelantennenteile eingesetzt und so lange justiert wird, bis die Ströme auf beiden Koppelantennenteilen I_{2a} , I_{2ab} gleich sind. Die so aufgefunde
20 dene Kapazität C_2 kann dann bei der späteren Serienproduktion mit Hilfe eines festen Kondensators realisiert werden.

25

Um außerdem eine ausreichende induktive Entkopplung des von den Koppelantennenteilen I_{2a} , I_{2ab} gebildeten, gemeinsamen
Grenz-Antennenelements 2 von den Nachbarantennenelementen 1, 3 zu erreichen, ist es erforderlich, die beiden Koppelantennenteile I_{2a} , I_{2ab} in geeigneter Weise mit den betreffenden Nachbarantennenelementen 1, 3 zu überlappen.

30

Wie über diesen Überlapp die Entkopplung eingestellt werden kann, wird im Folgenden gezeigt. Dabei reicht es aus, wenn als Beispiel die Entkopplung zwischen dem Grenz-Antennenelement 2 und dem benachbarten Antennenelement 3 in der rechten Antennengruppe 12 gezeigt wird. Die Entkopplung zu dem
35 benachbarten Antennenelement 1 in der linken Antennengruppe 11 erfolgt in ähnlicher Weise.

Hierzu wird auf das Ersatzschaltbild dieser Komponenten in Figur 5 verwiesen. Die im Ersatzschaltbild gezeigten Komponenten sind in Figur 3 mit durchgezogenen Linien eingezeichnet, wogegen die in diesem Ersatzschaltbild nicht beachteten Antennenelemente gestrichelt dargestellt sind. In diesem zweiten Ersatzschaltbild sind zusätzlich zu den im Ersatzschaltbild gemäß Figur 4 angegebenen Parametern der Hochfrequenzstrom I_3 und die Stromrichtung SR_3 auf dem benachbarten Antennenelement 3 sowie die am Tor dieses Antennenelements 3 anliegende Spannung U_3 dargestellt. Außerdem sind die Gegeninduktivitäten M_{23a} und M_{23b} zwischen dem ersten Koppelantennenteil 2a sowie dem zweiten Koppelantennenteil 2b und dem Antennenteil 3 dargestellt. Zusätzlich eingezeichnet sind die aufgrund dieser Koppelinduktivitäten M_{23a} , M_{23b} durch die Hochfrequenzströme I_{2a} , I_{2ab} von den Koppelantennenteilen 2a, 2b im Antennenelement 3 induzierten Spannungen U_{23a} , U_{23b} . Diese Spannungen U_{23a} , U_{23b} tragen zur Torspannung U_3 des Antennenelements 3 bei. Eine Entkopplung liegt genau dann vor, wenn sich diese beiden übergekoppelten Spannungsanteile U_{23a} , U_{23b} gegenseitig aufheben.

Ausgangspunkt der Berechnungen sind hier wieder die Maschengleichung für das Ersatzschaltbild gemäß Figur 5:

25 Masche 2a:

$$I_{2a} \cdot j\omega L_{2a} + I_3 \cdot j\omega M_{23a} - I_{2b} \cdot j\omega M_{22} = U_2 \quad (4a)$$

Masche 2b:

30

$$-I_{2a} \cdot j\omega M_{22} + I_3 \cdot j\omega M_{23b} + I_{2b} \cdot \left(j\omega L_{2b} + \frac{1}{j\omega C_2} \right) = 0 \quad (4b)$$

Masche 3:

35

$$I_{2a} \cdot j\omega M_{23a} + I_3 \cdot j\omega L_3 + I_{2b} \cdot j\omega M_{23b} = U_3 \quad (4c)$$

Wird in Gleichung (4c) für die dritte Masche die oben formulierte Voraussetzung eingesetzt, dass die Ströme I_{2a} , I_{2ab} auf den beiden Koppelantennenteilen 2a, 2b in etwa gleich sein sollen, d. h. dass $I_{2a} \approx I_{2b} \approx I_2$ gilt, so hängt die Spannung U_3 am Tor des Antennenelements 3 genau dann allein vom Strom I_3 auf diesem Antennenelement 3 ab, wenn gilt:

$$M_{23a} + M_{23b} = 0 \quad (5)$$

10 Dies ist die Einkoppelbedingung, die durch einen entsprechenden Überlapp zwischen dem Koppelantennenteil 2b und dem Antennenelement 3 erzielt wird.

Die Entkopplungsbedingung gemäß Gleichung (5) kann auch in
15 folgender Form geschrieben werden:

$$M_{23a} = -M_{23b} = M_{23} \quad (6)$$

Werden in den Maschengleichungen (4a), (4b), (4c) die Konstanten M_{23a} , M_{23b} jeweils durch die gemeinsame Konstante M_{23} nach Gleichung (6) ersetzt, so erhält man:

$$I_{2a} \cdot j\omega L_{2a} + I_3 \cdot j\omega M_{23} - I_{2b} \cdot j\omega M_{22} = U_2 \quad (7a)$$

$$-I_{2a} \cdot j\omega M_{22} - I_3 \cdot j\omega M_{23} + I_{2b} \cdot \left(j\omega L_{2b} + \frac{1}{j\omega C_2} \right) = 0 \quad (7b)$$

$$I_{2a} \cdot j\omega M_{23} + I_3 \cdot j\omega L_3 - I_{2b} \cdot j\omega M_{23} = U_3 \quad (7c)$$

Durch Einsetzen der Bedingung gemäß Gleichung (3) für die Kapazität C_2 in die Gleichung (7b) erhält man:

$$-I_{2a} \cdot j\omega M_{22} - I_3 \cdot j\omega M_{23} + I_{2b} \cdot j\omega M_{22} = 0 \quad (8)$$

Durch Auflösen dieser Gleichung nach I_{2b} ergibt sich:

$$I_{2b} = I_{2a} + I_3 \cdot \frac{M_{23}}{M_{22}} \approx I_{2a} \quad (9)$$

Gleichung (9) zeigt, dass bei Anwesenheit des Nachbarantennenelements 3 der Strom I_{2b} auf dem zweiten Koppelantennenteil 2b nicht ganz dem Strom I_{2a} auf dem ersten Koppelantennenteil entspricht, auch wenn die Kapazität C_2 gemäß Gleichung 3 gewählt wurde. Hinzu kommt im zweiten Koppelantennenteil 2b ein geringer Entkoppelstrom, welcher durch den zweiten Term des mittleren Teils der Gleichung (9) beschrieben wird. Dieser Entkoppelstrom ist einerseits abhängig von dem Strom I_3 auf dem benachbarten Antennenelement 3. Andererseits hängt der Entkoppelstrom von der nach Bedingung gemäß Gleichung (6) identischen Koppelinduktivität M_{23} der beiden Koppelantennenteile 2a, 2b zu dem besagten Antennenelement 3 im Verhältnis zur Koppelinduktivität M_{22} zwischen den beiden Koppelantennenteilen 2a, 2b ab.

Die Koppelinduktivität M_{22} zwischen den Koppelantennenteilen 2a, 2b wird relativ stark eingestellt. Es handelt sich hier um eine Resonanzkopplung. Durch diese Resonanzkopplung bilden sich bei einem empfangenen MR-Signal in der von den Koppelantennenteilen 2a, 2b gebildeten Grenzantenne 2 Moden aus. In einer Mode fließen die Ströme gleichsinnig. Dies ist die sogenannte Gleichtakt-Resonanzmode, die bei einem Abstimmen des Grenz-Antennenelements 2 mit Hilfe der Verstimmereinrichtung 5 auf die gewünschte MR-Frequenz eingestellt wird. Die zweite Mode, in welcher die Ströme gegensinnig fließen, ist dagegen für die vorliegende Anwendung uninteressant.

Die durch die induktive Kopplung zwischen den Koppelantennenteilen 2a, 2b und dem benachbarten Antennenelement 3 gegebene Koppelinduktivität M_{23} ist dagegen relativ gering. Sie liegt erheblich unter 10 % der Koppelinduktivität M_{22} zwischen den Koppelantennenteilen 2a, 2b untereinander.

Da die interne Koppelinduktivität M_{22} erheblich größer eingestellt ist als die Koppelinduktivität M_{23} zwischen den Koppelantennenteilen 2a, 2b und dem benachbarten Antennenelement 3, ist der Entkoppelstromanteil in Gleichung (9) im Verhältnis zu dem Strom I_{2a} auf dem ersten Koppelantennenteil 2a vernachlässigbar.

Durch Einsetzen der Gleichung (9) in Gleichung (7a) erhält man für die Bedingungen innerhalb des ersten Koppelantennenteils 2a :

$$I_{2a} \cdot j\omega L_{2a} - I_{2a} \cdot j\omega M_{22} = U_2 \quad (10)$$

Diese Gleichung zeigt, dass die Torspannung U_2 des ersten Koppelantennenteils 2a nicht mehr vom Strom I_3 auf dem dem zweiten Koppelantennenteil 2b benachbarten Antennenelement 3 abhängt. Somit ist in dieser Richtung eine Entkopplung erreicht.

Durch Einsetzen der Gleichung (9) in Gleichung (7c) erhält man für die Bedingungen innerhalb des benachbarten Antennenelements 3:

$$I_3 \cdot j\omega L_3 - I_3 \cdot j\omega \frac{M_{23}^2}{M_{22}} = U_3 \approx I_3 \cdot j\omega L_3 \quad (11)$$

Diese Gleichung zeigt, dass die Torspannung U_3 des benachbarten Antennenelements 3 nur noch vom Strom I_3 auf diesem Antennenelement 3 und nicht mehr von den Strömen I_{2a} , I_{2ab} auf den Koppelantennenteilen 2a, 2b abhängt. Somit ist auch in dieser Richtung eine Entkopplung gegeben.

Die Koppelantennenteile 2a, 2b haben lediglich insofern Einfluss auf das Antennenelement 3, dass die „normale“ Impedanz $j\omega L_3$ um den Beitrag $j\omega (M_{23}^2 / M_{22})$ etwas erniedrigt wird. Da die Koppelinduktivität M_{23} zwischen den Koppelantennenteilen 2a, 2b und dem benachbarten Antennenelement 3 erheblich ge-

ringer sind als die interne Koppelinduktivität M_{22} der beiden Koppelantennenteile 2a, 2b untereinander, ist auch diese Impedanzänderung in der Praxis vernachlässigbar.

- 5 Bei einer Konstruktion der Antennengruppen mit den zugehörigen Koppelantennenteilen 2a, 2b können die Bedingungen dadurch erreicht werden, dass zunächst die beiden Koppelantennenteile 2a, 2b isoliert aufgebaut werden und so lange an einem justierbaren Kondensator die Kapazität C_2 verstellt wird, bis der Strom auf beiden Koppelantennenteilen 2a, 2b gleich ist. In einem zweiten Schritt kann dann der Überlapp zwischen dem zweiten Koppelantennenteil 2b und dem Antennenelement 3 so verändert werden, bis bei einem eingespeisten Strom am Tor des ersten Koppelantennenteils 2a am Tor des Antennenelements 3 trotzdem die Spannung U_3 Null ist. In diesem Fall liegt eine Entkopplung vor. In gleicher Weise kann auch auf der anderen Seite, d. h. benachbart zum Koppelantennenteil 2a, ein Antennenelement angefügt werden.
- 10
- 15
- 20 Die Koppelantennenteile 2a, 2b und die Antennenelemente 1, 3, 4 sind jeweils innerhalb der Gehäuse 13, 14 so angeordnet, dass die Koppelantennenteile 2a, 2b sich automatisch in der richtigen Position zueinander befinden, wenn die Gehäuse 13, 14 mit ihren Kantenflächen 14, 16 passend voreinander liegen.
- 25 Als Positionierhilfe sind in diese Kantenflächen 15, 16 zueinanderpassende Nuten 18 und Federn 17 eingebracht, die ineinander greifen, sobald die Gehäuse 13, 14 passend voreinander liegen. Alternativ können die Antennengehäuse 13, 14 auch andere Positionierungshilfen, beispielsweise ineinandergreifende Stifte und Löcher, Positionsmarkierungen oder dergleichen, aufweisen.
- 30

Die Antennengruppen 12, 11 weisen jeweils an den anderen, nicht dargestellten Enden wieder ein passendes Koppelantennenteil 2a, 2b auf, wobei die in Figur 3 links dargestellte Antennengruppe 11 sinnvollerweise ein zweites Koppelantennenteil 2b und die in Figur 3 rechts dargestellte Antennengruppe

35

an ihrem anderen Ende ein erstes Koppelantennenteil 2a aufweist. Somit können die einzelnen Antennengruppen 11, 12 als Antennenmodule beliebig kettenartig hintereinander geschaltet werden, indem einfach die betreffenden Gehäuse 13, 14 aneinander gelegt werden.

Es wird an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei dem vorbeschriebenen Aufbau lediglich um ein Ausführungsbeispiel handelt und dass das Grundprinzip der Verkopplung zweier Antennengruppen mittels der erfindungsgemäßen Koppelantennenteile auch in weiten Bereichen vom Fachmann variiert werden kann.

Insbesondere können die Größenverhältnisse der beiden Koppelantennenteile 2a, 2b anders sein als in Figur 3 dargestellt. Beispielsweise kann der in der Antennenebene E liegende erste Antennenabschnitt 9 des zweiten Koppelantennenteils 2b erheblich länger sein, um die Koppelinduktivität M_{23a} zwischen dem ersten Koppelantennenteil 2a und dem benachbarten Antennenelement 3 sowie die Koppelinduktivität M_{23b} der induktiven Kopplung zwischen dem zweiten Koppelantennenteil 2b selbst und dem dazu benachbarten Antennenelement 3 auf den gleichen Wert einzustellen.

Des Weiteren kann eine Antennengruppe auch neben den dargestellten, in einer Reihe angeordneten Antennenelementen noch weitere Antennenelemente aufweisen, die sich in einer oder sogar mehreren parallel zu der dargestellten Reihe verlaufenden Reihe befinden. In diesem Fall befinden sich an den betreffenden Reihen ebenfalls wieder entsprechende Koppelantennenteile 2a, 2b, um diese Reihen von Antennenelementen passend zu verkoppeln.

Ebenso können die einzelnen Antennenelemente einer Antennengruppe auch in einer beliebigen anderen Anordnung zueinander positioniert sein, wobei dann die Koppelantennenteile ebenfalls entsprechend angepasst werden müssen.

Patentansprüche

1. Antennenanordnung für ein Magnetresonanzgerät mit einer ersten Antennengruppe (11, 12), welche zumindest ein Antennenelement (1) aufweist, und einer von der ersten Antennengruppe (11) getrennten zweiten Antennengruppe (12), welche ebenfalls zumindest ein Antennenelement (3, 4) aufweist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Antennengruppen (11, 12) zusammenwirkende Koppelantennenteile (2a, 2b) aufweisen, welche so ausgebildet und/oder angeordnet sind, dass die Koppelantennenteile (2a, 2b) bei einer bestimmten benachbarten Anordnung der Antennengruppen (11, 12) zueinander durch eine induktive Verkopplung ein gemeinsames Grenz-Antennenelement (2) der beiden Antennengruppen (11, 12) bilden, welches von den weiteren Antennenelementen (1, 3, 4) innerhalb der betreffenden Antennengruppen (11, 12) induktiv entkoppelt ist.

2. Antennenanordnung nach Anspruch 1, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h ein innerhalb zumindest eines der Koppelantennenteile (2b) geschaltetes kapazitives Bauteil (C_2) und/oder induktives Bauteil, dessen Wert so bestimmt ist, dass bei einer von den jeweils benachbarten Antennenelementen (1, 3) isolierten Betrachtung des Grenz-Antennenelements (2) der Strom (I_{2b}) auf dem betreffenden Koppelantennenteil (2b) aufgrund der induktiven Verkopplung der beiden Koppelantennenteile (2a, 2b) in etwa den gleichen Wert annimmt wie der Strom (I_{2a}) auf dem anderen Koppelantennenteil (2a).

3. Antennenanordnung nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Koppel-Antennenelemente (2a, 2b) derart ausgebildet und/oder angeordnet sind, dass die Koppelinduktivität (M_{23b}) zwischen einem der Koppelantennenteile (2b) und einem Antennenelement (3), welches benachbart zu diesem Koppel-Antennenelement (2b) angeordnet ist, betragsmäßig in etwa gleich groß ist wie die

Koppelinduktivität (M_{23a}) zwischen dem anderen Koppelantennenteil (2a) und demselben Bauelement (3).

4. Antennenanordnung nach Anspruch 2 oder 3,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Kapazität (C_2) oder Induktivität des jeweiligen Bauteils verstellbar ist.

5. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die eine Antennengruppe (11) ein Koppelantennenteil (2a) eines ersten Typs und die andere Antennengruppe (12) ein Koppelantennenteil (2b) eines zweiten Typs aufweist, wobei genau ein Koppelantennenteil (2a) des ersten Typs mit einem Koppelantennenteil (2b) des zweiten Typs ein Grenz-Antennenelement (2)
15 bildet.

6. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die einzelnen Koppelantennenteile (2a, 2b) so aufgebaut sind, dass ihre Eigenresonanzfrequenz gegenüber einer Frequenz eines zu empfangenden MR-Signals verstimmt ist.

7. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass zumindest eines der Koppelantennenteile (2a) eine Abstimmeinrichtung (5) umfasst, um im verkoppelten Zustand der beiden Koppelantennenteile (2a, 2b) die Eigenresonanzfrequenz des von den Koppelantennenteilen (2a, 2b) gebildeten Grenz-
30 Antennenelements (2) im Empfangsfall auf die Frequenz des zu empfangenden MR-Signals abzustimmen und im Sendefall gegenüber der Frequenz des MR-Signals zu verstimmen.

8. Antennenanordnung nach Anspruch 6 oder 7,

35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass zumindest eines der Koppelantennenteile Mittel aufweist, um das Koppelantennenteil in einen Betriebszustand zu verbringen, in

dem die Eigenresonanzfrequenz des Koppelantennenteils ohne ein angekoppeltes weiteres Koppelantennenteils auf die Frequenz eines zu empfangenden MR-Signals abstimmbar ist.

5 9. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Koppelantennenteile (2a, 2b) jeweils einen ersten Antennenabschnitt (7, 9), welcher im Wesentlichen in einer von den Antennenelementen (1, 3, 4) gebildeten Antennenebene (E) verläuft, und einen zweiten Antennenabschnitt (8, 10) aufweisen,
10 welcher aus der Antennenebene (E) herausragt, wobei in einer verkoppelten Anordnung der Koppelantennenteile (2a, 2b) die zweiten Antennenabschnitte (8, 10) in einem bestimmten Abstand nebeneinander positioniert sind.

15 10. Antennenanordnung nach Anspruch 9,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass jeweils der erste Antennenabschnitt (7, 9) eines Koppelantennenteils (2a, 2b) zur induktiven Entkopplung von den benachbarten Antennenelementen (1, 3) der betreffenden Antennengruppe (11, 12) in einem bestimmten Bereich mit einem benachbarten Antennenelement (1, 3) der jeweiligen Antennengruppe (11, 12) überlappend angeordnet ist.

25 11. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass eines der beiden Koppelantennenteile (2b) galvanisch-kontaktfrei ist.

30 12. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Antennengruppen (11,12) in separaten Antennengehäusen (13, 14) so angeordnet sind, dass sich bei einer bestimmten Positionierung der Antennengehäuse (13, 14) in einer Ebene zueinander
35 der die Koppelantennenteile automatisch (2a, 2b) in einer passenden Anordnung zueinander befinden.

13. Antennenanordnung nach Anspruch 12,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die An-
tennengehäuse (13, 14) zusammenwirkende Positionierungshilfen
(17, 18) aufweisen, um die Antennengehäuse (13, 14) zur Ver-
5 kopplung der Koppelantennenteile (2a, 2b) der Antennengruppen
passend zu positionieren.

14. Magnetresonanz-Antennensystem mit einer Mehrzahl von zu-
sammenwirkenden Antennengruppen (11, 12) zum Aufbau einer An-
10 tennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei jede
Antennengruppe (11, 12) zumindest einen Koppelantennenteil
(2a, 2b) umfasst, welcher mit einem Koppelantennenteil (2a,
2b) einer anderen Antennengruppe (11, 12) unter Bildung eines
gemeinsamen Grenz-Antennenelements (2) verkoppelbar ist.

15. Magnetresonanz-Antennensystem nach Anspruch 14,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass eine An-
tennengruppe (11) einen Koppelantennenteil (2a) eines ersten
Typs und eine andere Antennengruppe (12) einen Koppelanten-
20 nenteil (2b) eines zweiten Typs umfasst.

16. Magnetresonanz-Antennensystem nach Anspruch 14 oder 15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die An-
tennengruppen sowohl einen Koppelantennenteil (2a) des ersten
25 Typs als auch einen Koppelantennenteil (2b) des zweiten Typs
aufweisen.

17. Magnetresonanz-Antennensystem nach Anspruch 16,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Kop-
30 pelantennenteile des ersten Typs und die Koppelantennenteile
des zweiten Typs an verschiedenen Kanten der betreffenden An-
tennengruppe angeordnet sind.

18. Magnetresonanzgerät mit einem Magnetresonanz-Antennen-
35 system nach einem der Ansprüche 14 bis 17.

19. Verfahren zur Verkopplung zweier Antennengruppen (11, 12) zum Messen von Magnetresonanzsignalen, wobei die Antennengruppen (11, 12) jeweils zumindest ein Antennenelement (1, 3, 4) aufweisen,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s d i e b e i -
den Antennengruppen (11, 12) in einer bestimmten vorgegebenen
Anordnung zueinander positioniert werden, und dabei mittels
in den beiden Antennengruppen (11, 12) jeweils integrierten
Koppelantennenteilen (2a, 2b) induktiv verkoppelt werden, wo-
10 b e i d i e K o p p e l a n t e n n e n t e i l e (2 a , 2 b) e i n g e m e i n s a m e s G r e n z -
Antennenelement (2) der beiden Antennengruppen (11, 12) bil-
den, welches von den weiteren Antennenelementen (1, 3, 4) in-
nerhalb der betreffenden Antennengruppen (11, 12) induktiv
entkoppelt ist.

Zusammenfassung

Antennenanordnung für ein Magnetresonanzgerät

- 5 Es wird eine Antennenanordnung für ein Magnetresonanzgerät mit einer ersten Antennengruppe (11,12), welche zumindest ein Antennenelement (1) aufweist, und einer von der ersten Antennengruppe (11) getrennten zweiten Antennengruppe (12) beschrieben, welche ebenfalls zumindest ein Antennenelement (3,
10 4) aufweist. Die Antennengruppen (11, 12) weisen zusammenwirkende Koppelantennenteile (2a, 2b) auf, welche so ausgebildet und/oder angeordnet sind, dass die Koppelantennenteile (2a, 2b) bei einer bestimmten benachbarten Anordnung der Antennengruppen (11, 12) zueinander durch eine induktive Verkopplung
15 ein gemeinsames Grenz-Antennenelement (2) der beiden Antennengruppen (11, 12) bilden, welches von den weiteren Antennenelementen (1, 3, 4) innerhalb der betreffenden Antennengruppen (11, 12) induktiv entkoppelt ist. Darüber hinaus wird ein entsprechendes Verfahren zur Verkopplung zweier voneinander
20 getrennter Antennengruppen (11, 12) beschrieben.

FIG 3

FIG 1 Stand der Technik

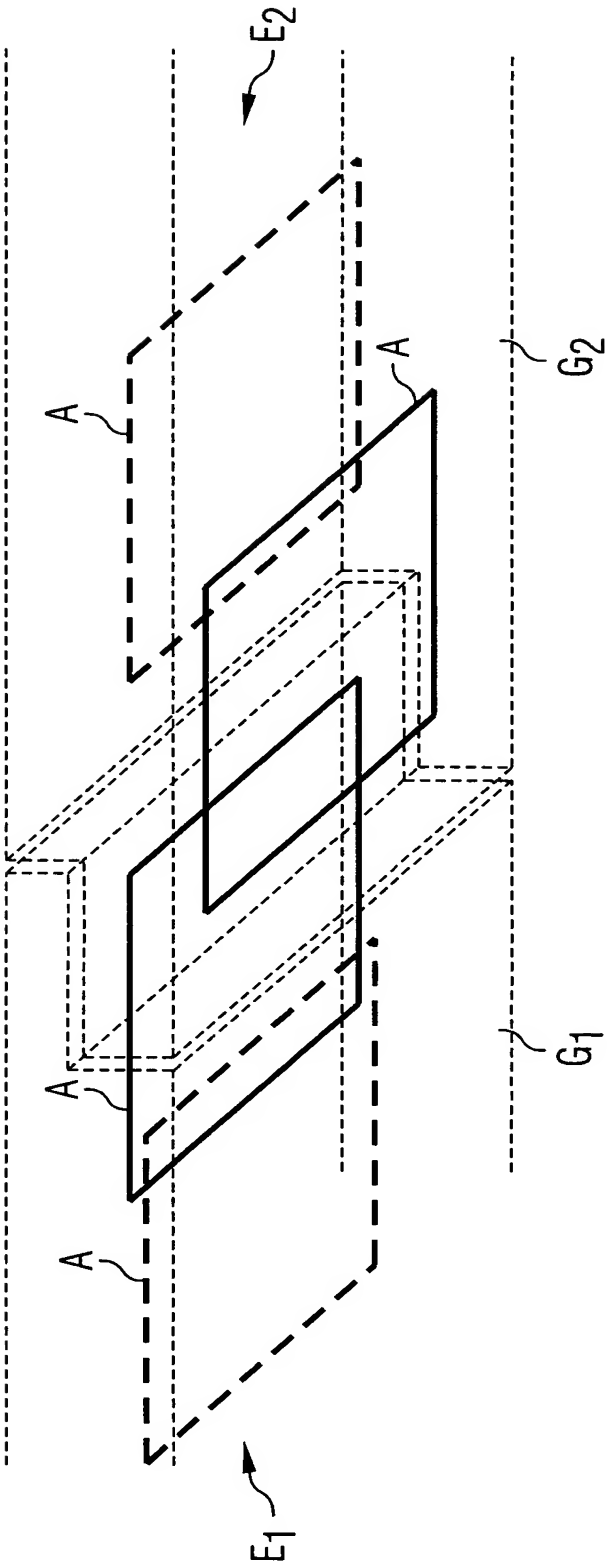


FIG 2 Stand der Technik

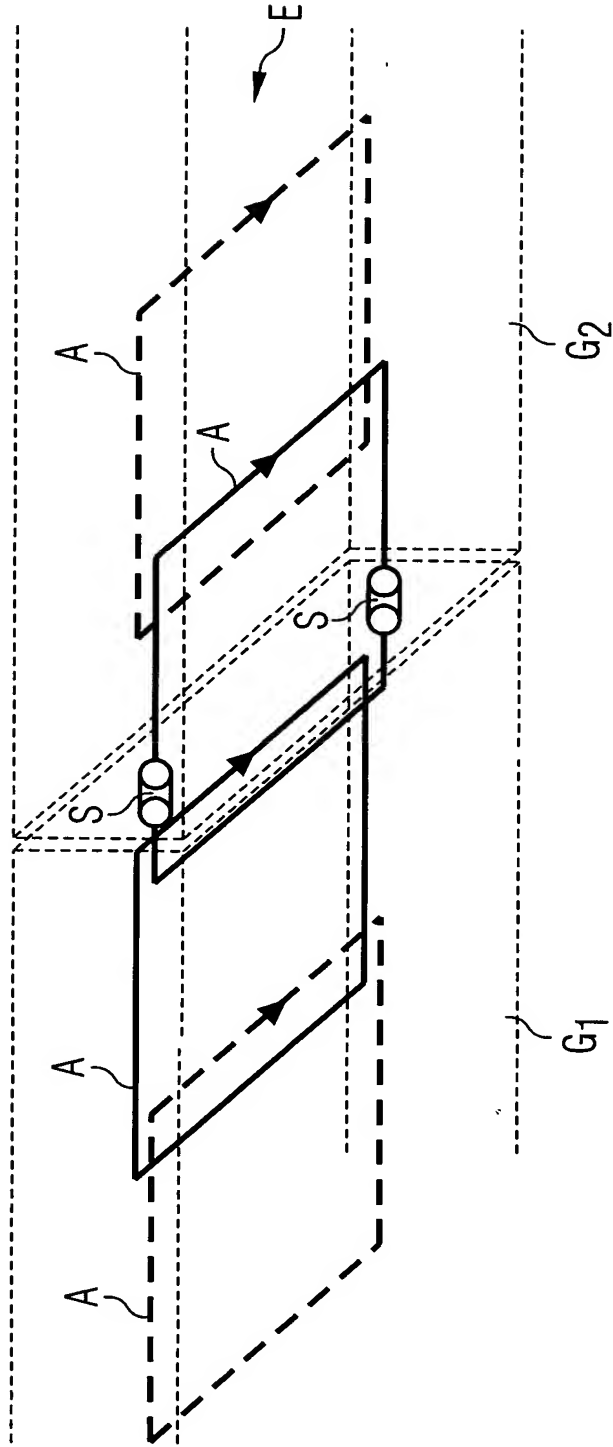


FIG 3

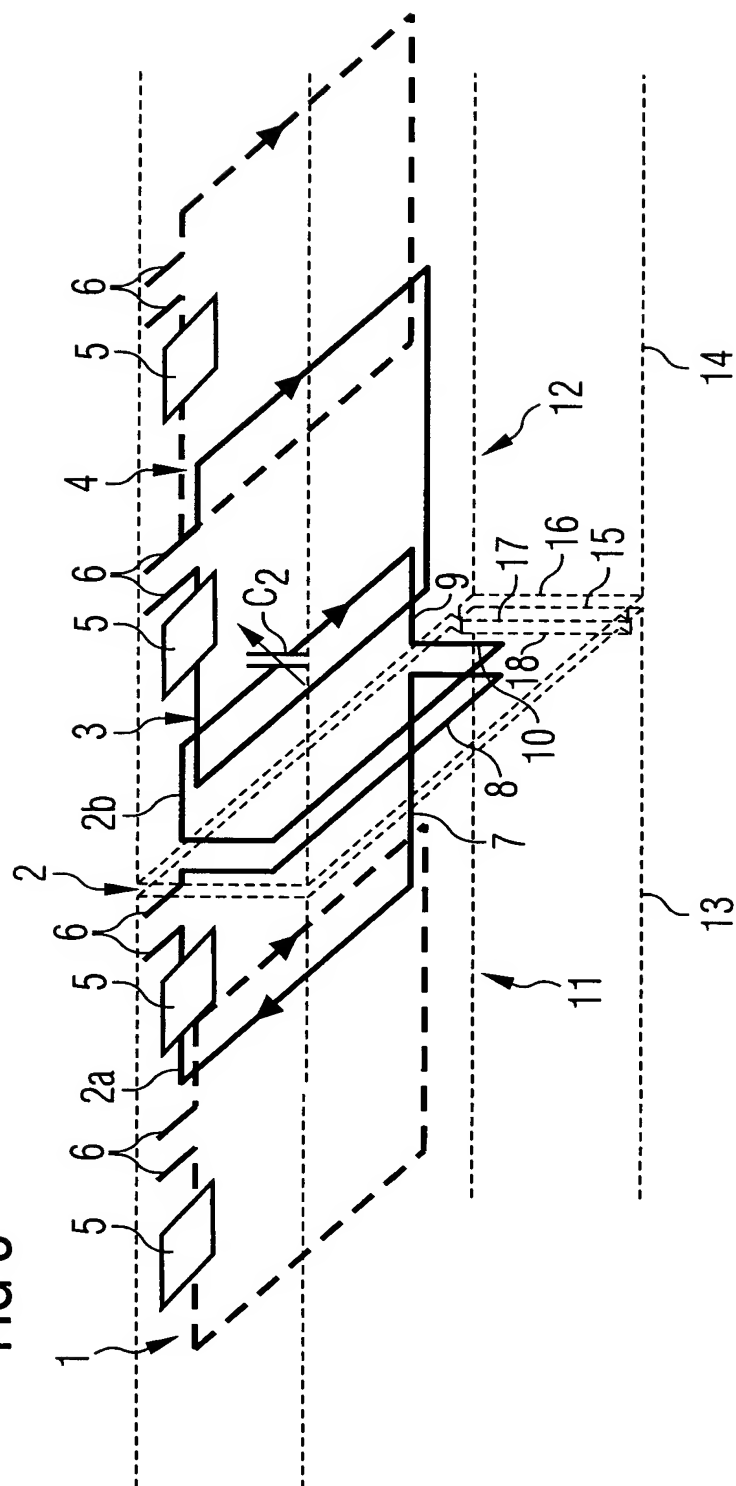


FIG 4

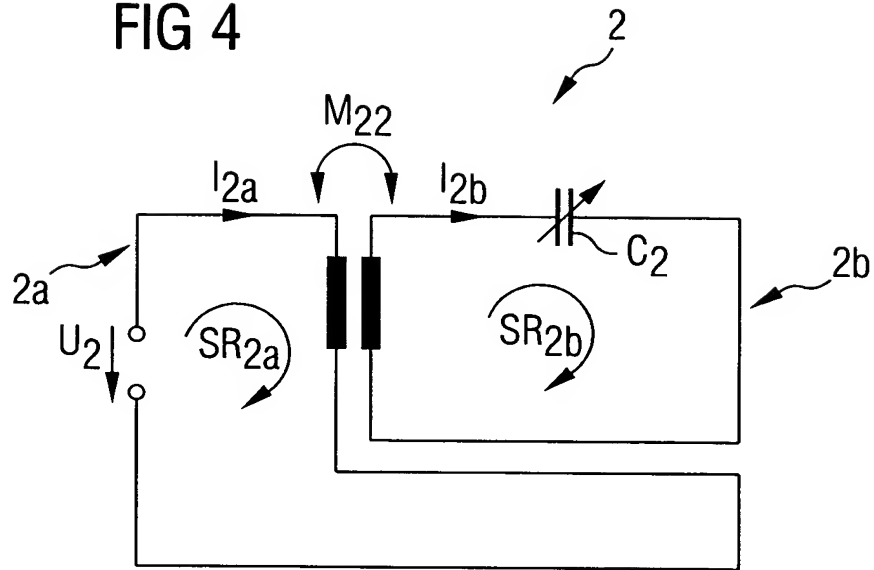


FIG 5

